

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-019345

(43)Date of publication of application : 21.01.2000

(51)Int.Cl.

G02B 6/30

G02B 6/36

G02B 6/42

(21)Application number : 10-188374

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 03.07.1998

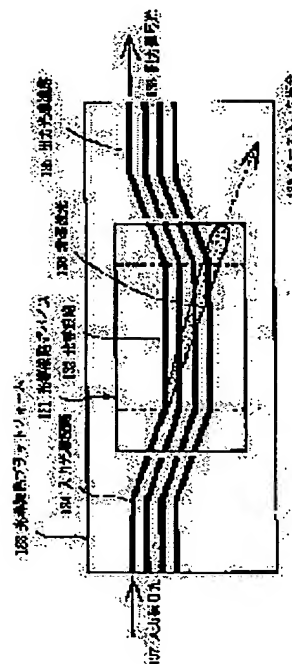
(72)Inventor : KATO TOMOAKI

(54) OPTICAL INTEGRATED MODULE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To eliminate the effect that optical switching performance is affected by a non-waveguided beam caused by optical waveguide discontinuity substantially inevitable in hybrid optical integration.

SOLUTION: This optical integrated module is constituted so that tilted optical waveguide parts of incident/emission both end surfaces of an optical waveguide 132 of an optical waveguide device 131 are formed to be curved toward the same side for a straight line of an optical waveguide platform 133 in the longitudinal direction, and further, the input optical waveguide 134 and the output waveguide 135 of the optical waveguide platform 133 are formed to be curved toward the same direction also answering to the curved of the optical waveguide 132 of the optical waveguide device 131. The non-waveguided beam caused at the time of being waveguided from the optical waveguide 134 to the optical waveguide device 131 is made incident on the output optical waveguide 135 by a deep angle exceeding the effective opening of the output optical waveguide 135, and optical connection of a cross talk component for the output optical waveguide 135 is suppressed. Thus, only optical connection efficiency for the non-waveguided beam is selectively and remarkably effectively suppressed while suppressing the deterioration of connection efficiency for a signal beam as much as possible.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 03.07.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 18.09.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3479220

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[Date of registration] 03.10.2003
[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2001-18765
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 18.10.2001
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-19345
(P2000-19345A)

(43)公開日 平成12年1月21日(2000.1.21)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーム(参考)
G 0 2 B	6/30	G 0 2 B	2 H 0 3 6
	6/36		2 H 0 3 7
	6/42		

審査請求 有 請求項の数12 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平10-188374

(22)出願日 平成10年7月3日(1998.7.3)

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社
東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 加藤 友章

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株
式会社内

(74)代理人 100081433

弁理士 鈴木 章夫

Fターム(参考) 2H036 AA01 CA03 GA36

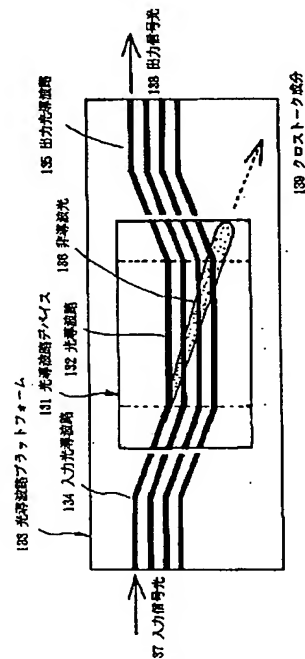
2H037 AA01 BA35 CA04 CA34 DA04
DA12

(54)【発明の名称】 光集積モジュール

(57)【要約】

【課題】 ハイブリッド光集積では本質的に不可避な光導波路不連続で発生する非導波光が光スイッチング性能に及ぼす影響を解消することを可能にした光集積モジュールを提供する。

【解決手段】 光導波路デバイス131の光導波路132の入出射両端面の斜め光導波路部分が光導波路プラットフォーム133の長手方向の直線に対して同じ側に向かって曲がって形成されており、また光導波路プラットフォーム133の入力光導波路134と出力光導波路135も光導波路デバイス131の光導波路132の曲げに対応して同じ方向に向けて曲がって形成される。入力光導波路134から光導波路デバイス131へ導波される際に生じる非導波光は出力光導波路135の有効開口を超える深い角度で出力光導波路135に入射することになり、出力光導波路135に対するクロストーク成分の光結合が抑制される。その結果、信号光に対する結合効率劣化を極力小さく抑えたまま、非導波光に対する光結合効率のみを選択的かつ極めて効果的に抑制することが可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入力光導波路と出力光導波路がそれぞれ形成された光導波路ブラットフォームと、前記入力光導波路と出力光導波路の間の前記光導波路ブラットフォーム上に搭載され、かつ前記入力光導波路と出力光導波路に光結合される光導波路デバイスとを備える光集積モジュールにおいて、前記入力光導波路と出力光導波路、及びこれらの光導波路に光結合される前記光導波路デバイスの光導波路とが、これらの光結合領域において前記光導波路ブラットフォームの光導波方向に向けられた直線に対してそれぞれ同一側に曲げ形成されていることを特徴とする光集積モジュール。

【請求項 2】 入力光導波路と出力光導波路がそれぞれ長辺方向に向けて形成された長方形をした光導波路ブラットフォームと、前記入力光導波路と出力光導波路の間の前記光導波路ブラットフォーム上に搭載され、かつ前記入力光導波路と出力光導波路に光結合される光導波路デバイスとを備える光集積モジュールにおいて、前記入力光導波路と前記光導波路デバイス間、及び前記出力光導波路と前記光導波路デバイス間にはそれぞれある有限の空隙ができる位置関係に前記入力光導波路、出力光導波路及び光導波路デバイスが配置されてこれらの間に光導波路の不連続な部分が形成されており、かつ前記入力光導波路、光導波路デバイス及び出力光導波路がいずれも導波する信号光の放射が十分無視できる程度の緩やかな曲率で曲がっている部分をそれぞれ備え、かつ前記入力光導波路と出力光導波路、及びこれらの光導波路に光結合される前記光導波路デバイスの光導波路のそれぞれが前記光導波路不連続の近傍において前記光導波路ブラットフォームの長手方向の直線に対して同一方向に曲げられている斜め端面構造を備えることを特徴とする光集積モジュール。

【請求項 3】 前記光導波路デバイスは光入出射端面のうち少なくとも一方に低反射膜を備えることを特徴とする請求項 2 に記載の光集積モジュール。

【請求項 4】 前記光導波路デバイスはスポットサイズ変換機構を備えることを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載の光集積モジュール。

【請求項 5】 前記光導波路デバイスは光入出射端面近傍に窓端面構造を備えることを特徴とする請求項 2 ないし 4 のいずれかに記載の光集積モジュール。

【請求項 6】 前記光導波路デバイスは、導波する信号光に対して電流注入による光増幅機能と電流非注入時の光吸収機能とを実現する半導体光増幅器であることを特徴とする請求項 2 ないし 5 のいずれかに記載の光集積モジュール。

【請求項 7】 前記有限の空隙の部分が誘電体物質で満たされていることを特徴とする請求項 2 ないし 6 のいずれかに記載の光集積モジュール。

【請求項 8】 前記光導波路ブラットフォームは光ファ

イバを入力光導波路および出力光導波路に対して信号光を光結合させるための光ファイバ位置合わせガイドを備えていることを特徴とする請求項 2 ないし 7 のいずれかに記載の光集積モジュール。

【請求項 9】 前記光導波路デバイスは同一基板上に複数アレイ状に形成され、前記入力光導波路及び出力光導波路は同一の光導波路ブラットフォーム上に前記光導波路デバイスの光導波路に対応してアレイ状に形成されていることを特徴とする請求項 8 に記載の光集積モジュール。

【請求項 10】 前記入力光導波路、出力光導波路及び光導波路デバイスは伝搬する信号光に対して偏光無依存の特性を有することを特徴とする請求項 9 に記載の光集積モジュール。

【請求項 11】 前記入力光導波路及び出力光導波路は、同一のガラス基板又は同一のシリコン基板に形成された石英系光導波路又はポリマ光導波路、或いは同一のシリコン基板に形成されたシリコン・ゲルマニウム光導波路であることを特徴とする請求項 8 ないし 10 のいずれかに記載の光集積モジュール。

【請求項 12】 前記入力光導波路は光分波器を備え、前記出力光導波路は光合波器を備えることを特徴とする請求項 9 ないし 11 に記載の光集積モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ハイブリッド光集積技術を用いて作られた光集積モジュールに関し、特に入力光導波路と出力光導波路の間に光導波路デバイスを配置した構成の光集積モジュールに関する。

【0002】

【従来の技術】低速な電話中心のサービスから広帯域デジタルマルチメディアサービスへと通信需要が移行するにつれて、これらの通信サービス全般を効率よく多重化するための高速かつ高スループットの光 A/TM 交換機、及びその中枢となる高速かつ拡張性に優れた光スイッチの開発が望まれている。中でも、1 入力 1 出力の高速光ゲート素子と光合分波素子とを組み合わせで構成した分配選択型光スイッチは、制御が容易なことからこうした用途への応用が検討されている。このような光スイッチ網を実現するためには、スケラビリティを満足するための優れたクロストーク抑制性能、高速スイッチング性能、そして高速化に適したシンプルな制御方式が求められる。このため、この高速光ゲートとしては 40 dB ~ 70 dB 程度の極めて高いオン/オフ性能および光合分波器の損失補償が可能で、かつナノ秒 (nsec) オーダの高速応答が期待できる半導体光増幅器 (SOA) を用いた光ゲート素子 (SOAG) が注目を浴びている。また、こうした光素子を多数使用するシステムでは、これらがシステム全体に占めるコスト、実装負荷は無視できない。このため、複数の光素子を 1 枚の基板に

モノリシック集積してある特定の機能を実現する光集積回路(Photonic IC:PIC)や、光素子を駆動するための周辺電子回路素子等を一体化して集積化する光・電気集積モジュールへの期待も高まっている。特に、光導波路プラットフォーム上に半導体光素子を実装したハイブリッド光集積モジュールは、その生産性などの点から、最も実用に近い光集積技術として期待されている。

【0003】図10はその一例を示す平面構成図であり、入力光導波路104、出力光導波路105を形成した光導波路プラットフォーム103に、前記各光導波路104、105につながる光導波路102を有するSOAG等の光導波路デバイス101が搭載されている。このハイブリッド光集積素子では、入力光導波路104に入射される入力信号光107は、入力光導波路104を導波されて光導波路デバイス101に入力され、光導波路102を導波された後に出力光導波路105を導波され、芯信号光108として出力される。

【0004】こうしたハイブリッド光集積技術を応用して前述のSOAGを搭載した光集積モジュールを構成する場合、入力光導波路104と光導波路デバイス101の光導波路102との間、あるいは光導波路102と出力光導波路105との間のように、比較的大きな光導波路不連続での結合損失や光合分波器の分岐損失を補償するためにSOAG自身には大きな信号光利得が求められる。このため、SOAGには残留端面反射を極力抑制する工夫が必要となり、そのために、光導波路を光入射端面の近傍でこの端面に対して斜めに曲げる斜め端面構造や、またあるいは活性層を端面の直前で途切れさせる窓構造などが提案されている。例えば、図11では、入力信号光117の入射方向及び出力信号光118の出射方向に対して、入力光導波路114及び出力光導波路115を所要の角度で傾斜させ、かつこれに追従して光導波路デバイス111に設けられる光導波路112の少なくとも前記入力光導波路114、出力光導波路115と連結する部分を同じ角度に傾斜させた構成がとられている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、これら図10、図11に示したハイブリッド光集積モジュールでは、入力光導波路104、114を導波されて光導波路デバイス101、111に入射される信号光は、入力光導波路と光導波デバイスとの間での比較的大きな光導波路不連続においてその大半が光結合に寄与しない非導波光成分となってしまう。この非導波光成分は、光出射側の光導波デバイス101、111と出力光導波路105、115との光導波路不連続の領域において再度結合しこれが光ゲート素子モジュールの信号光に対する総合的なオン/オフ性能を著しく劣化させる。すなわち、光導波デバイス101、111の光入射側での非導波光の大半はそのまま直進され、光導波路デバイス101、1

11の基板中をビーム状に徐々に発散しながら反対側の出射側光導波路端面へと達する。このため、その近傍に存在している出力光導波路105、115へと非導波光がある一定の割合で結合してしまう。この現象は、光集積モジュールの光学的特性、特にSOAG等の光ゲート素子モジュールにおいて信号光のオン/オフ特性を劣化させる原因となる。このようなオン/オフは信号光の干渉性のビート雑音を招き、光モジュールの特性を著しく損ねることになる。

【0006】このような問題は、特にアレイ状の光導波路デバイスの場合には、非導波光の出射位置が他チャンネルの出射光導波路に極めて近くなることも構造的に起こり得る。例えば、図12に示すように、出力光導波路125の斜め端面が入力光導波路124の斜め端面に対して平行に形成されている場合、実際には製造上の都合から点対称で作られているものがほとんどであるため、結果として入力光導波路124と光導波路デバイス121との間での非導波光の伝搬軸は出力光導波路125に対して一番結合しやすい角度と一致してしまうことになる。これがチャンネル間クロストーク抑圧特性の著しい劣化を招くことになる。

【0007】こういった非導波光の漏れを抑制するためには、非導波光そのものの発生を抑制するべく結合損失を向上させる対策がまず必要である。しかしながら、ハイブリッド光集積モジュールにおける結合損失をゼロにする事は本質的に不可能であり、むしろ非導波光成分を可能な限り結合させないための新たな工夫こそがより重要となってくる。しかしながら、こうした非導波光成分を効果的に取り除くための方法として実用に耐えうるものは未だ実現されていないのが実情である。

【0008】本発明の目的は、ハイブリッド光集積では本質的に不可避な光導波路不連続で発生する非導波光が光スイッチング性能に及ぼす影響を解消することを可能にした光集積モジュールを提供することである。

【0009】

【発明を解決するための手段】本発明は、図1にその基本構成を示すように、入力光導波路134と出力光導波路135がそれぞれ形成された光導波路プラットフォーム133と、前記入力光導波路134と出力光導波路135の間の前記光導波路プラットフォーム131上に搭載され、かつ前記入力光導波路134と出力光導波路135に光結合される光導波路デバイス131とを備える光集積モジュールにおいて、前記入力光導波路134と出力光導波路135、及びこれらの光導波路に光結合される前記光導波路デバイス131の光導波路132とが、これらの光結合領域において前記光導波路プラットフォーム133の光導波方向に向けられた直線に対してそれぞれ同一側に向けて曲げられていることを特徴としている。より具体的には、前記入力光導波路134と前記光導波路デバイス131間、及び前記出力光導波路1

35と前記光導波路デバイス131間にはそれぞれある有限の空隙ができる位置関係に前記入力光導波路134、出力光導波路135及び光導波路デバイス131が配置されてこれらの間に光導波路の不連続な部分が形成されており、かつ前記入力光導波路134、光導波路デバイス131の光導波路132及び出力光導波路135がいずれも導波する信号光の放射が十分無視できる程度の緩やかな曲率で曲がっている部分をそれぞれ備え、かつ前記入力光導波路134と出力光導波路135、及び光導波路132のそれぞれが前記光導波路不連続の近傍において前記光導波路プラットフォーム133の長手方向の直線に対して同一方向に曲げられている斜め端面構造を備えることを特徴としている。

【0010】本発明による光集積モジュールでは、光導波路デバイス131の入出射両端面の光導波路132が光導波路プラットフォーム133の長手方向の直線に対して同じ側に向かって曲がって形成されており、また光導波路プラットフォーム133の入力光導波路134と出力光導波路135も前記光導波路132の曲げに対して同じ方向に向けて曲がって形成されていることにより、出力光導波路135の長手軸の方向は、入力光導波路134と光導波路デバイス131との間に生じる入力信号光137のうちの非導波光の導波軸には一致せず、非導波光は出力光導波路135に対して斜め光導波路の設定角のほぼ2倍という深い角度で交差する。このため、非導波光は出力光導波路135の有効開口を超える深い角度で出力光導波路135へと入射することになり、クロストーク成分139が出力光導波路135に導波することが抑制される。その結果、信号光に対する結合効率劣化を極小小さく抑えたまま、非導波光に対する光結合効率のみを選択的かつ極めて効果的に抑制することが可能となる。

【0011】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。図2は本発明の第1の実施形態の平面構成図であり、その光入出射端面に少なくとも斜め導波路端面構造を備える光導波路デバイス201を光導波路プラットフォーム210上に搭載したハイブリッド光集積モジュールにおいて、光導波路プラットフォーム210上の入力光導波路211と光導波路デバイス201の光入力端面との間にできる光導波路不連続によって発生した非導波光成分が、反対側の出力光導波路212へと結合してクロストーク成分となることを抑制するための構成を備えている。

【0012】図3は、光モジュール化の対象である前記光導波路デバイス201の平面構成図である。前記光導波路デバイス201は、基板202の上に形成された直線状の光導波領域203と、この光導波領域203の長手軸に対して互いに同じ側に向けて前記基板202に水平な面内である角度 θ 1で曲げられている斜め光導波

路領域204及び205と、前記直線状の光導波領域203と前記斜め光導波路領域204、205とを滑らかに接続しかつ放射の影響が無視できる程度に適当な曲率の曲線光導波路からなる曲がり光導波路領域206、207とから成る。

【0013】図4は、前記該光導波路デバイス201を搭載する前記光導波路プラットフォーム210を示している。前記光導波路プラットフォーム210の上には、前記光導波路デバイス201に対して信号光を光入出射結合しなかつ前記光導波路デバイス201とは異なる材料から作られている入力光導波路211及び出力光導波路212が形成されている。これらの入力光導波路211及び該出力光導波路212は、それぞれ前記光導波路デバイス201と信号光を光入出射結合する光導波路端面213、214に対して角度 θ 2だけ傾いている斜め光導波路領域215、216と、直線状の光導波路領域217、218、及び前記斜め光導波路領域215、216と前記直線状の光導波路領域217、218とをそれぞれ滑らかに接続しかつ放射の影響が無視できる程度に適当な曲率の曲線光導波路からなる曲がり光導波路領域219、220とを有する。なお、前記角度 θ 2は、前記斜め光導波路204、205の等価屈折率 n_1 と、前記斜め光導波路215、216の等価屈折率 n_2 と、前記角度 θ 1に基づいてスネルの法則を用いて決定される。なお、前記直線状の光導波路領域217、218は、前記光導波路プラットフォーム210の端面221、222まで伸びている。また、前記光導波路デバイス201は、これと前記光導波路端面213、214との間に有限の空隙を設けて前記光導波路プラットフォーム210の上に配置されている。

【0014】次に、図2～4に示した第1の実施形態の光集積モジュールの動作について説明する。まず、この光集積モジュールにおける基本的な信号光の伝搬経路について説明する。端面221から入力光導波路211に入射された信号光は、直線状の光導波路領域217から曲がり光導波路領域219と斜め光導波路領域215とを介して光導波路端面213に達する。ここから有限の空隙を介して光導波路デバイス201へと結合した信号光は、斜め光導波路領域202から曲がり光導波路領域206、直線状の光導波路領域203、曲がり光導波路領域207を介して斜め光導波路領域205に達する。また、ここから出力光導波路212へは、入射側と同様に有限の空隙を介して光導波路デバイス201から光導波路端面214、斜め光導波路領域216、曲がり光導波路領域220、直線状の光導波路領域218を介して端面222から出射される。ここで、光導波路デバイス201の両端に設けられた斜め光導波路領域204、207は、端面208、209における実効的な残留端面反射を効果的に低減する役割を果たす。これは、光導波路デバイス201内部における信号光のファブリ・ペロ

ー (Fabry-Perot) 共振を抑制するうえで効果的である。こうした対策は、半導体光増幅器のように光導波路デバイス自身が利得を持つような場合には特に重要である。

【0015】一方、入力光導波路211と光導波路デバイス201との間の光導波路不連続においてこの光導波路デバイス201へと結合しきれなかった信号光成分の振る舞いについて説明する。光導波路デバイス201へと結合しきれなかった信号光の大半は、ほぼ斜め光導波路領域202の長手軸の方向に向かって光導波路デバイス201の基板202の中をビーム状に徐々に発散する非導波光として、反対側の出射側光導波路端面209へと達する。このとき、この実施形態の光集積モジュールでは、光導波路デバイス201の斜め光導波路領域204、205は直線状の光導波路203の長手軸方向に対して共に同じ側に向かって曲げられている。このため、非導波光が出射側端面209に達する近傍には出射側の斜め光導波路が無く、その結果出射側の斜め光導波路212の端面近傍における非導波光の振幅は信号光のそれに対して著しく減衰する。さらに、非導波光の発散して行く軌跡は出射側の斜め光導波路の長手軸方向からは大きく外れることから、角度 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ 等を始めとする構造パラメータを適当に設計することにより、この非導波光が出力光導波路へと結合する割合は信号光のそれに比べて数桁も小さくすることが可能になる。このように、非導波光に対する光結合効率のみを選択的かつが極めて抑制する構造を提供することが可能になる。

【0016】図5は本発明をアレイ状の半導体光増幅器のハイブリッド光集積モジュールに適用した第2の実施形態の平面構成図であり、石英系光導波路Siブラットフォーム320に4チャンネル半導体光増幅器アレイ301と光ファイバ336、337を搭載した構成とされている。図6は前記4チャンネル半導体光増幅器アレイ301の平面構成図であり、前記半導体光増幅器アレイ301は、4チャンネルの半導体光増幅器が250ミクロン間隔で配置されている構造を持つ。各半導体光増幅器は、(001)n-InP基板302上に形成された波長組成1.55 μm のアンダーブーInGaAsPバルク活性層をp-InPクラッド層で埋め込んだ構造を有する。1.55 μm 帯の信号光に対して単一モード光導波路となっており、また電流注入によって前記信号光に対する光増幅作用を有している。また、信号光に対する偏光依存性を低減させるために、前記活性層の断面のアスペクト比がほぼ1:1になるよう、高さを0.3 μm 、幅を0.3 μm に設定している。

【0017】ここで、素子長は1000 μm であり、このうち前記活性層が前記n-InP基板302の[110]方向に対して平行な活性層直線領域304の長さは350 μm 、その両端に放射損失が無視できる程度に曲率半径4mmで活性層がn-InP基板302に水平な

面内で緩やかに曲げられている活性層曲線領域305、306が100 μm 、さらにこれら該活性層曲線領域305、306に滑らかに接続しかつ該n-InP基板302の[110]方向に対して同じ方向に7°だけ傾いた斜め光導波路領域307、308が200 μm である。なお、この斜め光導波路領域307、308は、前記活性層曲線領域305、306から端面309、310に向かって長さ150 μm にわたり活性層厚をもとの厚さの1/3にまで徐々に薄くしたスポットサイズ交換領域311、312を有する。また信号光の入出射端面309、310から素子内部に向かって25 μm にわたり活性層を設けない窓領域313、314を有する。これらは、すべて選択MOVPE成長によって作製されている。また、素子の両端面には信号光に対する反射率が0.1%の低反射膜315、316が形成されている。

【0018】図7は前記半導体光増幅器301を搭載する石英系光導波路ブラットフォーム320の平面構成図である。前記光導波路ブラットフォーム320には、Si基板321上に常圧CVDを用いて成膜された石英系の入力光導波路322が8本および出力光導波路323が8本、それぞれ各4本ずつアレイ状に2軸対称に形成されている。これら入力光導波路322および出力光導波路323は、Geドーピングされた断面が6 μm 角のコアをそれぞれ厚さ10 μm の上下クラッド層で埋め込んだ構造を有し、1.55 μm の信号光に対して単一モード光導波路となっている。前記入力光導波路322及び出力光導波路323は、それぞれ前記半導体光増幅器301に対して信号光を効率よく入出射光結合させるため、光導波路端面324、325に対して約15°だけSi基板321に平行な面内で曲げられた斜め光導波路領域326、327と、直線状の光導波路領域328、329と、前記斜め光導波路領域326、327と直線状の光導波路領域328、329とをそれぞれ滑らかに接続しかつ放射の影響が無視できる程度に曲率半径10mmで緩やかに曲げられている曲がり光導波路領域330、331とを有する。

【0019】また、前記Si基板321上には、上記の半導体光増幅器301を高い位置合わせ精度でセルフアライン実装しかつ各チャンネルに独立に駆動電流を注入するため、予めスパッタリング成膜されたWSi層および光導波路形成後の電極成膜プロセスを併用して、電気配線パターン332とはんだバンプパッド333とが形成されている。また、前記入力光導波路322と出力光導波路323との間に上記の半導体光増幅器301を実装するため、Si基板321ないしは電極配線パターン332が露出している光素子搭載領域334が長さ1.02mmにわたって形成されている。また入力光導波路322と出力光導波路323とがこの光素子搭載領域334に面するSi基板321に垂直な光導波路端面324、325は、ダイシングブレードで切削することによ

り形成されている。

【0020】さらに、前記光導波路プラットフォーム320の両端にはこれら入力光導波路322および出力光導波路323のそれぞれに信号光を入射させるための光ファイバを高い位置精度でパッシブ実装するため、Si基板321上に入力側8個、出力側に8個、合計16個の光ファイバガイド338、339が長さ1mmにわたって形成されている。この光ファイバガイド338、339は、Si基板321に対するわずかな方位ずれが生じても位置合わせ精度を損なわないよう、断面がV字型のSi溝を光ファイバの長手軸方向にブロック状に分割した構造を有する。

【0021】そして、前記素子搭載領域334に、2つの前記した4チャンネル半導体光増幅器アレイ301が前記光導波路端面324、325との間に幅10μmの空隙を設けてAuSnはんだを用いて軸対称に実装されている。また、これら合計16個の光ファイバガイドに沿って、合計16本の単一モード光ファイバ336、337がパッシブ実装されている。

【0022】この半導体光増幅器のハイブリッド光集積モジュールでは、入力光導波路322および出力光導波路323と半導体光増幅器アレイ301との間における光結合損失は共に4.5dB、同様に入力光導波路322および出力光導波路323と単一モード光ファイバ336、337との光結合損失は共に0.3dBであった。モジュール温度25℃において、8本の入力光ファイバ336それぞれに波長1.55μm、パワー0dBmの信号光を入力し、それぞれの入力光ファイバ336に対応する半導体光増幅器のチャンネルに20mAの順方向電流を注入したところ、これに対応する出力側の光ファイバ337から取り出された信号光の利得が0dBとなった。また、40mAの電流注入により、10dBの信号光利得が各チャンネルについて得られた。また、各チャンネルともに電流非注入時には信号光が60dBの減衰を受けて出力された。注入電流範囲が0~40mAの場合、出力信号光のオンオフ比として70dBが各チャンネルについて得られた。また、あるチャンネルに上記の信号光を入力し、これと対応しないチャンネルからの出力信号光を測定したところ、80dB以上の減衰を受けて出力されていることがわかった。これらの結果は、信号光の干渉性クロストークを抑圧するうえで十分な値である。さらに、半導体光増幅器アレイ301の各チャンネルを振幅0~40mA、立ち上がり/立ち下がり時間が各1nsecの駆動電流で高速駆動したところ、この駆動電流波形に追従する高速な光ゲート動作を得た。

【0023】図8は、本発明をアレイ状の石英系光導波路と波長合波器と波長分波器とを形成した光導波路Siプラットフォーム420上にアレイ状の半導体光増幅器301をハイブリッド光集積した光ファイバ集積8チャンネル波長セレクトモジュールに適用した第3の実施形

態の平面構成図である。前記半導体光増幅器アレイ301は、前記第2の実施形態で使用したものとまったく同一のものであるので、その詳細な説明は省略する。

【0024】図9は前記石英系光導波路プラットフォーム420の平面構成図である。該光導波路プラットフォーム420は、第2の実施形態と同様に構成された光導波路プラットフォーム上に1:8波長分波器440と8:1波長合波器441とを作り込んだものである。これらは、波長1.55μm帯の信号光をそれぞれ8:1波長分離および1:8波長多重する役割をはたす。なお、これらによって波長合成分波される信号光の隣接波長間隔は約0.8nm（光周波数で100GHz）であり、両者の波長通過域は一致している。なお、前記光導波路プラットフォーム420のこれら以外の構造は第2の実施形態と同一であるため、その詳細な説明は省略する。ただし、前記波長分波器440及び波長合波器441に結合される光ファイバはそれぞれ1本であるので、光ファイバガイド438、439は各1つだけ設けられている。

【0025】そして、前記したように、前記光導波路プラットフォームの素子搭載領域434に、2つの4チャンネル半導体光増幅器アレイ301が前記光導波路端面424、425との間に幅10μmの空隙を設けてAuSnはんだを用いて軸対称に実装されている。また、光ファイバガイド438、439に沿って、2本の単一モード光ファイバ436、437がパッシブ実装されている。

【0026】この光ファイバ集積8チャンネル波長セレクトモジュールでは、モジュール温度25℃において、入力側の光ファイバ436に波長合波器と波長合波器の通過帯域に一致しかつそれぞれ異なる8波信号光を波長多重して入力し、それぞれの信号光波長に対応する半導体光増幅器のチャンネルのうち特定の1つのチャンネルにのみ30mAの順方向電流を注入したところ、出力側の光ファイバ437からはこのチャンネルを通過することができた波長の信号光のみが出力された。またその時の信号光利得は0dBであった。また、50mAの電流注入により、5dBの信号光利得が得られた。また、各チャンネルともに電流非注入時には信号光が70dBの減衰を受けて出力された。注入電流範囲が0~50mAの場合、出力信号光のオンオフ比として75dBが各波長チャンネルについて得られた。また、それぞれ異なる8波信号光を波長多重して入力し、同様に特定の1つのチャンネルにのみ30mAの順方向電流を注入したところ、これと対応しない波長チャンネルの信号光が80dB以上の減衰を受けて出力されていることがわかった。これらの結果は、信号光の干渉性クロストークを抑圧するうえで十分な値である。また、それぞれ異なる8波信号光を波長多重して入力し、同様に特定の1つのチャンネルにのみ振幅0~40mA、立ち上がり/立ち下がり

時間が各1nsecの駆動電流で高速駆動したところ、この駆動電流波形に追従して対応する1波長のみを高速に選択する波長セクタとして動作した。

【0027】なお、本発明のハイブリッド光集積モジュールは、前記した構成に限られるものではなく、入力光導波路と出力導波路との間に光導波デバイスを配設する構成を備える光集積回路モジュールであれば、前記入力光導波路と出力導波路の構成が本発明の基本構成を備えるものであれば、種々の光集積モジュールに適用することが可能である。また、光導波路で構成されるチャンネル数も前記した各実施形態の構成に限られるものでないことは言うまでもない。

【0028】また、本発明においては、次のような実施形態も可能である。すなわち、光導波路デバイスがここを伝搬する信号光に対して電圧印加によって光吸収機能を実現する電界吸収型半導体光変調器である。また、光導波路デバイスが電流注入機構ないしは電圧印加機構を少なくとも1つ以上備える。

【0029】また、光導波路プラットフォームは、ほとんどパンプを構成する電気配線以外にも何らかの電気配線を備えている。光導波路プラットフォーム上には光導波路デバイスの駆動等を目的とした電気素子や終端抵抗等を備えている。光導波路プラットフォーム上の入力光導波路および出力光導波路に対して光ファイバを介して信号光を光結合させさらにこの光ファイバをこの光導波路プラットフォームに対して脱着させるためのレセプタクル機構を合わせ備える。

【0030】さらに、光導波路プラットフォームにおける入力光導波路あるいは出力光導波路はこれらを伝搬する信号光を入力光導波路側から出力光導波路側に向かって一方方向にのみ伝搬させる光アイソレータとしての機能を備える。入力光導波路あるいは出力光導波路は回折格子等の周期構造から成る光フィルタとしての機能を備える。入力光導波路あるいは出力光導波路は光方向性結合器を備える。入力光導波路あるいは出力光導波路はここを導波する信号光の位相調節を行うための機構を備える。入力光導波路又は出力光導波路には、導波する信号光を増幅するための希土類元素が含まれている。入力光導波路あるいは出力光導波路がアレイ光導波路回折格子を備える。

【0031】さらに、入力光導波路と出力光導波路と光導波路デバイスのいずれかはこれらを導波する信号光のパワーや偏光を検出や監視あるいは制御する等の機能を備える。入力光導波路や出力光導波路や光導波路デバイス等、光導波路プラットフォーム上に形成ないしは実装されているものの温度を監視する手段あるいは温度調節をする手段を備える。

【0032】

【発明の効果】以上説明したように本発明は、光導波デバイスの光導波路の信号光入射端面での曲げ方向と、

光導波路プラットフォームに形成された入力光導波路と出力光導波路での曲げ方向が、いずれも光導波路プラットフォームの長手軸方向に対して同じ側に向けて曲げられているため、非導波光が出力光導波路に向かわず、光導波路デバイスの基板外部に向かって放射されてしまうことになり、これにより非導波光によるオンオフ比劣化を極力抑えたハイブリッド光集積モジュールを得ることが可能となる。また、同時に、アレイ状の光集積モジュールを構成した場合に、非導波光が他チャンネルへと漏れ込んでチャンネル間クロストーク成分となることを極力抑える構造を得ることができる。さらに、光導波路デバイス内部での共振が効果的に抑制されるため、光導波路デバイス内部の信号光利得を大きくでき、特に信号光利得を有する半導体光増幅器のような光導波路デバイスでも光導波路プラットフォーム上に搭載して光集積回路モジュールを構築することが可能となる。したがって、本発明によるハイブリッド光集積モジュールは、特に信号光利得を有する半導体光増幅器のような光導波路デバイスのハイブリッド光集積化に際して、高オン/オフ特性、低チャンネル間クロストーク、高い信号光利得を同時に満足する手段を提供し、光波ネットワーク向け光ATM交換機等に用いる光ゲート素子等の小型化、高性能化などを実現可能にするものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光集積モジュールの基本構成を示す平面構成図である。

【図2】本発明の第1の実施形態の光集積モジュールの平面構成図である。

【図3】第1の実施形態における光導波路デバイスの平面構成図である。

【図4】第1の実施形態における光導波路プラットフォームの平面構成図である。

【図5】本発明の第2の実施形態の光集積モジュールの平面構成図である。

【図6】第2の実施形態における光導波路デバイスの平面構成図である。

【図7】第2の実施形態における光導波路プラットフォームの平面構成図である。

【図8】本発明の第3の実施形態の光集積モジュールの平面構成図である。

【図9】第3の実施形態における光導波路プラットフォームの平面構成図である。

【図10】従来の光集積モジュールの一例の平面構成図である。

【図11】従来の光集積モジュールの他の例の平面構成図である。

【図12】従来の光集積モジュールのさらに他の例の平面構成図である。

【符号の説明】

101、111、121、131 光導波路デバイス

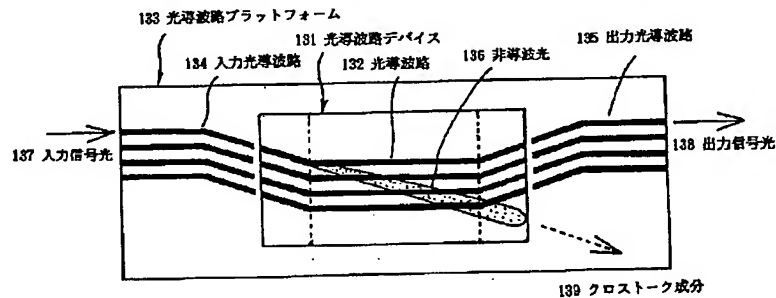
13

102, 112, 122, 132 基板
 103, 113, 123, 133 直線状の光導波領域
 104, 105, 114, 115, 124, 125, 134, 135 斜め光導波路領域
 106, 116, 126, 136 非導波光
 107, 117, 127, 137 入力信号光
 108, 118, 128, 138 出力信号光
 109, 119, 129, 139 クロストーク成分
 201 光導波路デバイス
 202 基板
 203 直線状の光導波領域
 204, 205 斜め光導波路領域
 206, 207 曲がり光導波路領域
 210 光導波路プラットフォーム
 211 入力光導波路
 212 出力光導波路
 215, 216 斜め光導波路領域
 217, 218 直線状の光導波路領域
 219, 220 曲がり光導波路領域
 301 4チャンネル偏光無依存半導体光増幅器アレイ
 302 (001) n-InP基板
 304 活性層直線領域
 305, 306 活性層曲線領域
 307, 308 斜め光導波路領域
 311, 312 スポットサイズ変換領域
 313, 314 窓領域
 315, 316 低反射膜

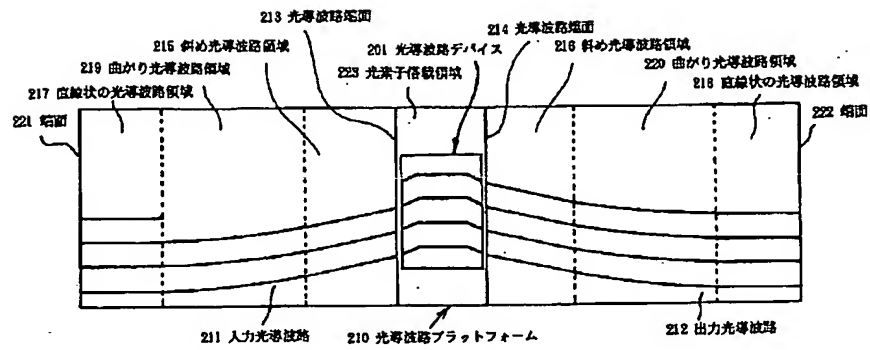
14

* 320 石英系光導波路プラットフォーム
 321 Si基板
 322 入力光導波路
 323 出力光導波路
 326, 327 斜め光導波路領域
 328, 329 直線状の光導波路領域
 330, 331 曲がり光導波路領域
 332 電気配線パターン
 333, 335 はんだバンパッド
 10 334 光素子搭載領域
 336, 337 単一モード光ファイバ
 338, 339 光ファイバガイド
 420 石英系光導波路プラットフォーム
 421 Si基板
 422 入力光導波路
 423 出力光導波路
 424, 425 光導波路端面
 426, 427 斜め光導波路領域
 428, 429 直線状の光導波路領域
 430, 431 曲がり光導波路領域
 432 電気配線パターン
 433, 435 はんだバンパッド
 434 光素子搭載領域
 436, 437 単一モード光ファイバ
 438, 439 光ファイバガイド
 440 波長分波器
 * 441 波長合波器

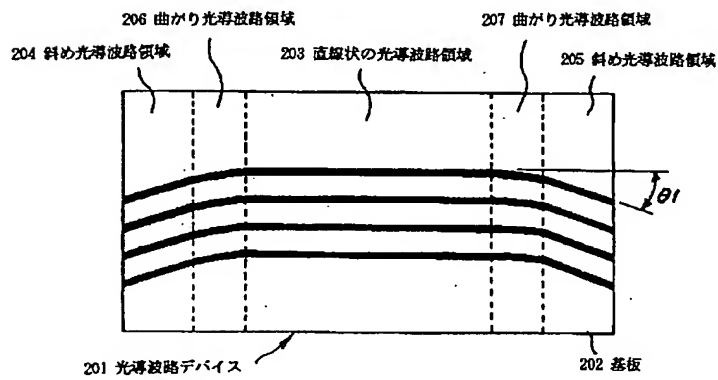
【図1】



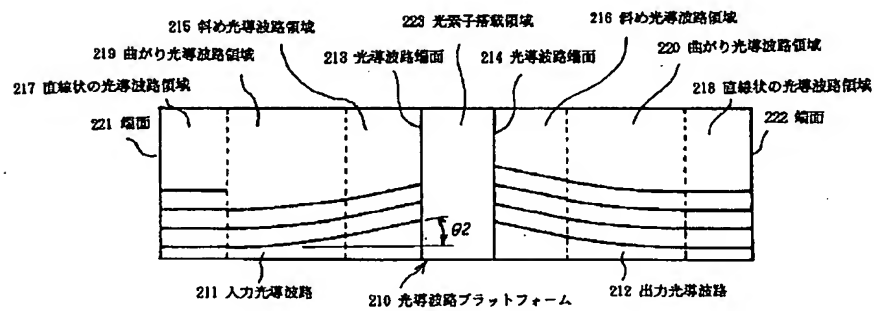
【図2】



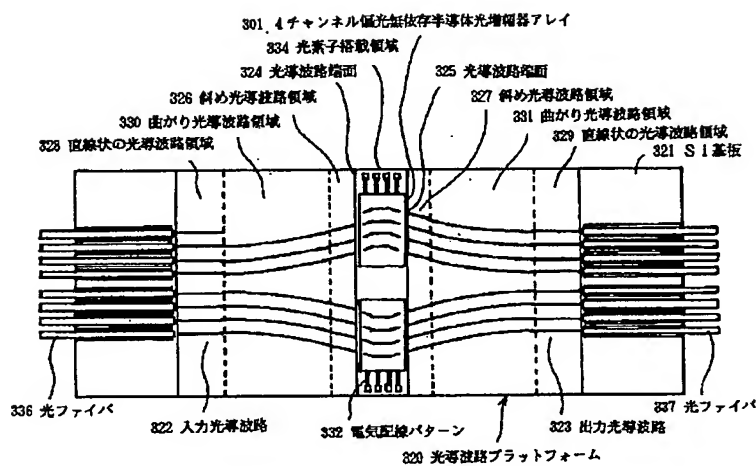
【図3】



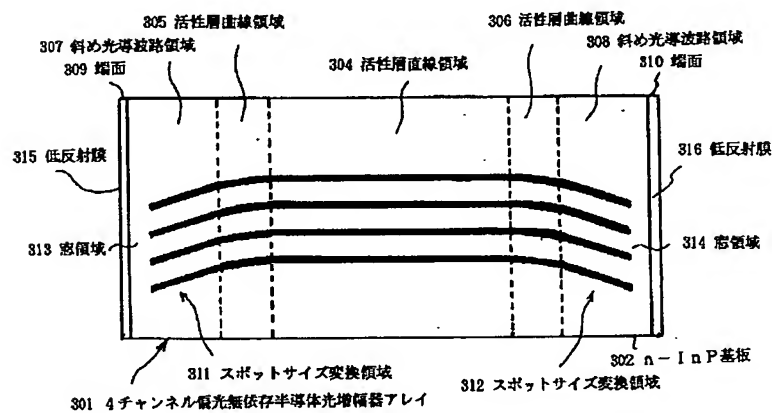
【図4】



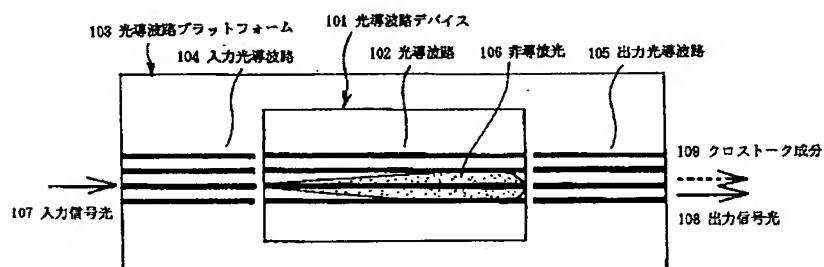
【図5】



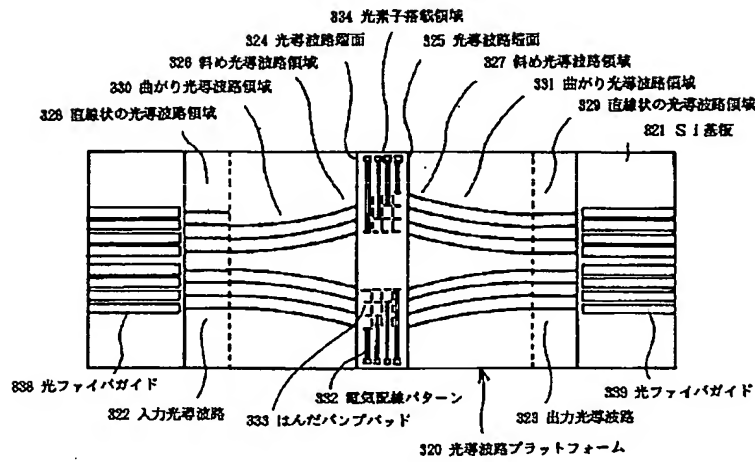
【図6】



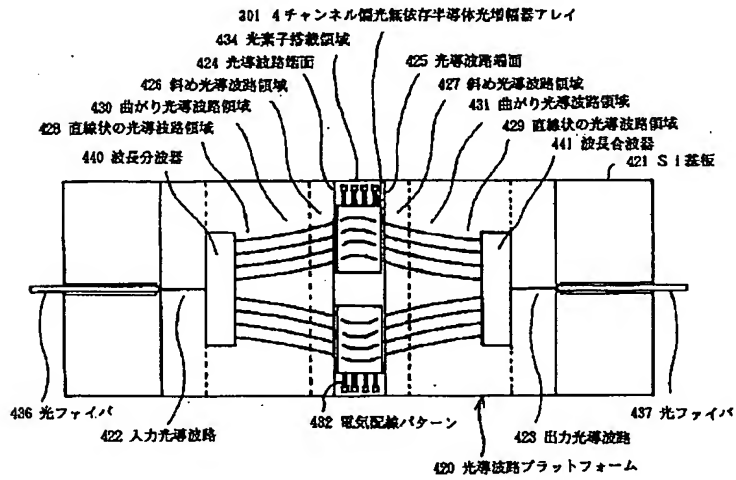
【図10】



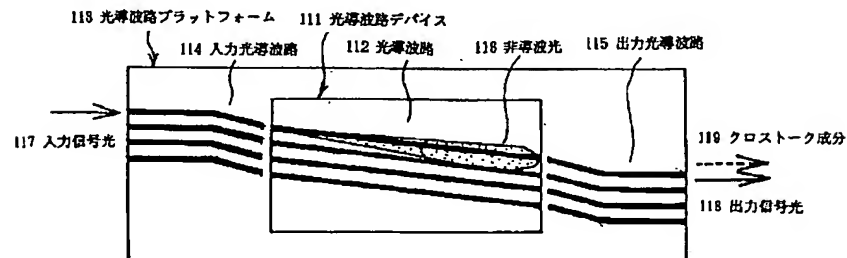
【図7】



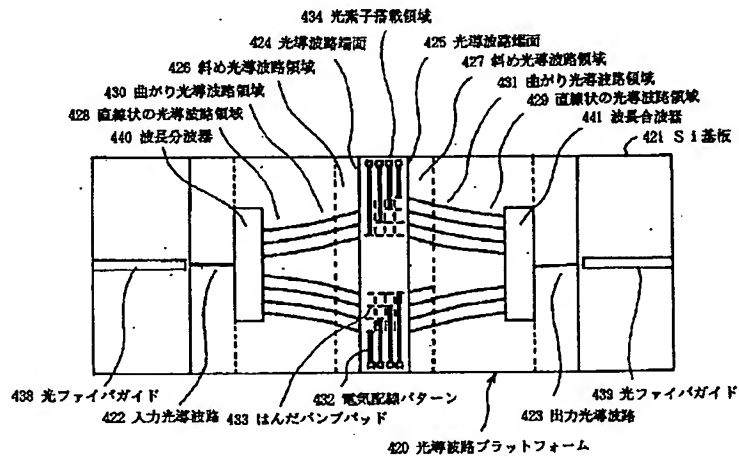
【図8】



【図11】



【図9】



【図12】

